

2355.12107



PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

#3
2-17-01

In re Application of:)
KIYOHIDE SATOH) : Examiner: Unknown
Appln. No.: 09/648,295) : Group Art Unit: 3661
Filed: August 28, 2000) :
For: DEPTH INFORMATION) : December 19, 2000
MEASUREMENT APPARATUS) :
AND MIXED REALITY) :
PRESENTATION SYSTEM) :

RECEIVED

DEC 21 2000

TO 3600 MAIL ROOM

The Commissioner For Patents
Washington, D.C. 20231

CLAIM TO PRIORITY

Sir:

Applicant hereby claims priority under the
International Convention and all rights to which he is
entitled under 35 U.S.C. § 119 based upon the following
Japanese Priority Application:

11-346699, filed December 6, 1999.

A certified copy of the priority document is
enclosed.

Applicant's undersigned attorney may be reached in our Washington, D.C. office by telephone at (202) 530-1010. All correspondence should be directed to our below-listed address.

Respectfully submitted,


Attorney for Applicant

Registration No. 36,570

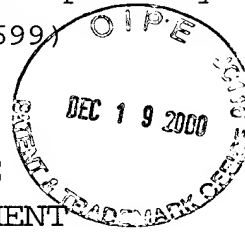
FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO
30 Rockefeller Plaza
New York, New York 10112-3801
Facsimile: (212) 218-2200

BLK/fdb

Appln. no. 09/648,295

(translation of the front page of the priority document of
Japanese Patent Application No.11-346699)

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



RECEIVED
DEC 21 2000

TO 3600 MAIL ROOM

This is to certify that the annexed is a true copy of the
following application as filed with this Office.

Date of Application: December 6, 1999

Application Number : Patent Application 11-346699

Applicant(s) : Mixed Reality Systems Laboratory Inc.

September 1, 2000

Commissioner,
Patent Office

Kouzo OIKAWA

Certification Number 2000-3069914

MRF12107
P200-01750j

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

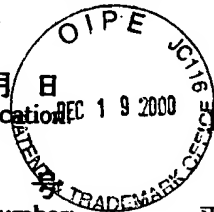
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application DEC 19 2000 999年12月 6日

出 願 番 号
Application Number: 平成11年特許願第346699号

出 願 人
Applicant(s): 株式会社エム・アール・システム研究所



CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

RECEIVED

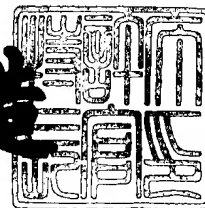
DEC 21 2000

TO 3600 MAIL ROOM

2000年 9月 1日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3069914

【書類名】 特許願

【整理番号】 MR11130

【提出日】 平成11年12月 6日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04N 5/445

【発明の名称】 奥行き情報計測装置及び複合現実感提示システム

【請求項の数】 22

【発明者】

【住所又は居所】 横浜市西区花咲町 6 丁目 1 4 5 番地 横浜花咲ビル 株
式会社エム・アール・システム研究所内

【氏名】 佐藤 清秀

【特許出願人】

【識別番号】 397024225

【氏名又は名称】 株式会社エム・アール・システム研究所

【代理人】

【識別番号】 100076428

【弁理士】

【氏名又は名称】 大塚 康德

【電話番号】 03-5276-3241

【選任した代理人】

【識別番号】 100101306

【弁理士】

【氏名又は名称】 丸山 幸雄

【電話番号】 03-5276-3241

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003458

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9712688

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 奥行き情報計測装置及び複合現実感提示システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基準画像と、この基準画像とステレオ画像対を形成する少なくとも 1 つの周辺画像とから、前記基準画像の取得位置における奥行き情報を計測する奥行き情報計測装置であって、

前記基準画像と前記周辺画像から奥行き情報を計測する複数の奥行き情報計測手段であって、計測方法が互いに異なる奥行き情報計測手段と、

前記基準画像の所定領域毎に、前記複数の奥行き情報の 1 つを選択する選択手段と、

前記選択手段によって選択された奥行き情報を合成して、前記基準画像の取得位置における奥行き情報として出力する合成手段とを有することを特徴とする奥行き情報計測装置。

【請求項 2】 前記複数の奥行き情報計測手段が、精度の異なる奥行き情報を計測する奥行き情報計測手段を含むことを特徴とする請求項 1 記載の奥行き情報計測装置。

【請求項 3】 前記選択手段が所定の条件に応じて前記選択を行なうことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 記載の奥行き情報計測装置。

【請求項 4】 前記所定の条件が前記基準画像及び／又は前記周辺画像から得られる条件であることを特徴とする請求項 3 記載の奥行き情報計測装置。

【請求項 5】 前記選択手段が、前記基準画像から、前記所定領域毎の動きを検出する動き検出手段を有し、

検出した前記動きの量及び／又は方向に応じて前記複数の奥行き情報の 1 つを選択することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載の奥行き情報計測装置。

【請求項 6】 前記複数の奥行き情報計測手段の少なくとも 1 つが、計測した前記奥行き情報の信頼度を検出する信頼度検出手段を有し、

前記選択手段が、検出した前記信頼度に応じて前記複数の奥行き情報の 1 つを選択することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項に記載の奥行き

情報計測装置。

【請求項 7】 前記複数の奥行き情報計測手段が、奥行き情報計測手段時に考慮する条件を互いに異にすることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項に記載の奥行き情報計測装置。

【請求項 8】 前記条件が物体による隠れを含むことを特徴とする請求項 7 記載の奥行き情報計測装置。

【請求項 9】 前記複数の奥行き情報及び前記合成手段の出力する奥行き情報が、視差情報、視差画像、距離情報、距離画像のいずれかであることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 8 のいずれか 1 項に記載の奥行き情報計測装置。

【請求項 10】 前記基準画像及び前記すくなくとも 1 つの周辺画像とを生成する手段を更に有することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 9 のいずれか 1 項に記載の奥行き情報計測装置。

【請求項 11】 基準画像と、この基準画像とステレオ画像対を形成するすくなくとも 1 つの周辺画像とから、前記基準画像の取得位置における奥行き情報を計測する奥行き情報計測装置であって、

前記基準画像と前記周辺画像から、第 1 の奥行き情報を計測する第 1 の奥行き情報計測手段と、

前記基準画像と前記周辺画像から、前記第 1 の奥行き情報計測手段と異なる方法により、第 2 の奥行き情報を計測する第 2 の奥行き情報計測手段と、

前記基準画像もしくは前記周辺画像の所定領域毎に、前記第 1 の奥行き情報と前記第 2 の奥行き情報のいずれか一方を選択する選択手段と、

前記第 1 の奥行き情報と前記第 2 の奥行き情報を、前記選択信号に応じて合成して前記基準画像の取得位置における奥行き情報として出力する合成手段とを有することを特徴とする奥行き情報計測装置。

【請求項 12】 前記第 1 の奥行き情報計測手段が、前記第 2 の奥行き情報計測手段よりも処理速度が速く、前記第 2 の奥行き情報が、前記第 1 の奥行き情報よりも高精度であることを特徴とする請求項 11 記載の奥行き情報計測装置。

【請求項 13】 前記選択手段が所定の条件に応じて前記選択を行なうことを特徴とする請求項 11 又は請求項 12 記載の奥行き情報計測装置。

【請求項 1 4】 前記所定の条件が前記基準画像及び／又は前記周辺画像から得られる条件であることを特徴とする請求項 1 3 記載の奥行き情報計測装置。

【請求項 1 5】 前記選択手段が、前記基準画像及び／又は前記周辺画像から、前記所定領域毎の動きを検出する動き検出手段を有し、

検出した前記動きが所定量以上の前記所定領域については前記第 1 の奥行き情報を、それ以外の領域については前記第 2 の奥行き情報を選択することを特徴とする請求項 1 1 乃至請求項 1 4 のいずれか 1 項に記載の奥行き情報計測装置。

【請求項 1 6】 前記第 1 の奥行き情報計測手段が、前記第 1 の奥行き情報の信頼度を検出する信頼度検出手段を更に有し、

前記選択手段が、検出した前記信頼度が所定量以上の前記所定領域については前記第 1 の奥行き情報を、それ以外の領域については前記第 2 の奥行き情報を選択することを特徴とする請求項 1 1 乃至請求項 1 5 のいずれか 1 項記載の奥行き情報計測装置。

【請求項 1 7】 前記第 2 の奥行き情報計測手段が、前記第 1 の奥行き情報計測手段が前記第 1 の奥行き情報の計測時に考慮しない条件を考慮して前記第 2 の奥行き情報を計測することを特徴とする請求項 1 1 乃至請求項 1 6 のいずれか 1 項に記載の奥行き情報計測装置。

【請求項 1 8】 前記条件が物体による隠れであることを特徴とする請求項 1 7 記載の奥行き情報計測装置。

【請求項 1 9】 前記第 1 の奥行き情報、第 2 の奥行き情報及び前記合成手段の出力する奥行き情報が、視差情報、視差画像、距離情報、距離画像のいずれかであることを特徴とする請求項 1 1 乃至請求項 1 8 のいずれか 1 項に記載の奥行き情報計測装置。

【請求項 2 0】 前記基準画像及び前記すくなくとも 1 つの周辺画像とを生成する手段を更に有することを特徴とする請求項 1 1 乃至請求項 1 9 のいずれか 1 項に記載の奥行き情報計測装置。

【請求項 2 1】 請求項 1 乃至請求項 2 0 のいずれか 1 項に記載の奥行き情報計測装置を含む複合現実感提示システム。

【請求項 2 2】 コンピュータ装置が実行可能なプログラムを格納する記憶

媒体であって、前記プログラムを実行したコンピュータ装置を、請求項 1 乃至請求項 2 0 のいずれか 1 項に記載の奥行き情報計測装置として機能させることを特徴とする記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は所定位置から取得した実空間画像から、画像取得位置からその画像に含まれる物体との距離情報（奥行き情報）を取得する奥行き情報計測装置に関し、特に計測処理速度と処理精度の両面に優れた奥行き情報計測装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

近年、現実空間と仮想空間の継ぎ目のない結合を目的とした複合現実感（Mixed Reality、MR）に関する研究が盛んになっている。MRは従来、現実空間と切り離された状況でのみ体験可能であったバーチャルリアリティ（VR）の世界と現実空間との共存を目的とし、VRを増強する技術として注目されている。

【0 0 0 3】

複合現実感を実現する装置として代表的なものは、ヘッドマウントディスプレイ（HMD）である。すなわち、現実空間（又はそのビデオ画像）と仮想空間画像をHMDに合成して表示することにより、複合現実感を実現するものである。

また、HMDを用いたMRの方式としては、半透過型（シースルー型）のヘッドマウントディスプレイ（HMD）にコンピュータグラフィックス（CG）等で作成した仮想空間画像を表示することで、体験者自身の目で直接視認した現実空間とディスプレイ上の仮想空間画像が体験者の目で合成されて複合現実空間が体感される光学シースルー方式と、HMD等に装着したビデオカメラで撮影した画像データにCG等の画像を合成した複合現実空間画像を生成した後、その画像をHMDに表示することにより体験者が複合現実空間を体感するビデオシースルー方式がある。

【0 0 0 4】

MRの用途としては、患者の体内の様子を透過しているように医師に提示する

医療補助や、工場において製品の組み立て手順を実物に重ねて表示する作業補助、現実空間に仮想空間画像で生成された仮想の敵やボール等を表示し、射撃やスポーツなどを行なうゲーム、現実空間の部屋に仮想の家具を配置するリビングシミュレーションなど、今までのVRとは質的に全く異なった新たな分野が期待されている。

【0005】

このような複合現実空間を実現するためには、現実空間の物体の位置関係を把握しておく必要がある。すなわち、仮想空間画像で示される物体（仮想物体）を表示する場合には、現実空間に存在する物体に隠れる部分は表示しないようにする必要があるし、仮想物体を移動させる場合であれば、現実空間の物体と重なる位置には移動できないようにする必要がある。また、ゲームなどで現実空間の物体と仮想物体との当たり判定を行なう場合にも、現実物体の位置情報が必要になる。

【0006】

現実空間の物体位置情報を取得する方法として、レーザー光を走査してその戻り光受信までの時間により距離情報（奥行き情報）を求めるレーザレンジファインダを用いる方法や、複数のビデオカメラにより現実空間を撮影し、その画像データから、撮影位置から物体までの距離を求める多眼ステレオ法などがある。また、奥行き情報の利用に当たっては、距離に応じて輝度を変化させたり、色を割り当てるなどの方法で画像化した奥行き画像の形で用いることが多い。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

複合現実感提示システムにおいては、ユーザの視点位置において現実空間と仮想空間とを違和感無く整合させて提示（表示）する必要がある。ユーザの視点位置は常に移動するため、奥行き情報及び視点位置情報の検出及びこれらの情報に基づく描画を実時間に近い速度で行なう必要がある。特にゲームなどのアプリケーションにおいてはユーザの視点位置は高速にかつ大きく移動するため、奥行き情報の取得（奥行き画像の生成）にも更に高速性が要求される。

【0008】

しかしながら、従来の奥行き情報計測装置においては、演算が高速であれば得られる奥行き情報の精度は低く、高精度の情報を得ようとする演算が複雑になり処理時間が長くなるという問題を有していた。

【0009】

本発明はこのような従来技術の問題点に鑑みなされたものであり、高速な演算時間で高精度な奥行き情報の取得が可能な奥行き情報計測装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

すなわち、本発明の要旨は、基準画像と、この基準画像とステレオ画像対を形成する少なくとも1つの周辺画像とから、基準画像の取得位置における奥行き情報を計測する奥行き情報計測装置であって、基準画像と周辺画像から奥行き情報を計測する複数の奥行き情報計測手段であって、計測方法が互いに異なる奥行き情報計測手段と、基準画像の所定領域毎に、複数の奥行き情報の1つを選択する選択手段と、選択手段によって選択された奥行き情報を合成して、基準画像の取得位置における奥行き情報として出力する合成手段とを有することを特徴とする奥行き情報計測装置に存する。

【0011】

また、本発明の奥行き情報計測装置は、好ましくは、複数の奥行き情報計測手段が、精度の異なる奥行き情報を計測する奥行き情報計測手段を含むことを特徴とする。

【0012】

また、本発明の奥行き情報計測装置は、好ましくは、選択手段が所定の条件に応じて選択を行なうことを特徴とし、とくに好ましくは所定の条件が基準画像及び／又は周辺画像から得られる条件であることを特徴とする。

【0013】

また、本発明の奥行き情報計測装置は、好ましくは、選択手段が、基準画像から、所定領域毎の動きを検出する動き検出手段を有し、検出した動きの量及び／又は方向に応じて複数の奥行き情報の1つを選択することを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

また、本発明の奥行き情報計測装置は、好ましくは、複数の奥行き情報計測手段の少なくとも1つが、計測した奥行き情報の信頼度を検出する信頼度検出手段を有し、選択手段が、検出した信頼度に応じて複数の奥行き情報の1つを選択することを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

また、本発明の奥行き情報計測装置は、好ましくは、複数の奥行き情報計測手段が、奥行き情報計測手段時に考慮する条件を互いに異にし、さらに好ましくは、条件が物体による隠れを含むことを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

また、本発明の奥行き情報計測装置は、好ましくは、複数の奥行き情報及び合成手段の出力する奥行き情報が、視差情報、視差画像、距離情報、距離画像のいずれかであることを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

また、本発明の奥行き情報計測装置は、好ましくは、基準画像及びすくなくとも1つの周辺画像とを生成する手段を更に有することを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

また、本発明の別の要旨は、基準画像と、この基準画像とステレオ画像対を形成する少なくとも1つの周辺画像とから、基準画像の取得位置における奥行き情報を計測する奥行き情報計測装置であって、基準画像と周辺画像から、第1の奥行き情報を計測する第1の奥行き情報計測手段と、基準画像と周辺画像から、第1の奥行き情報計測手段と異なる方法により、第2の奥行き情報を計測する第2の奥行き情報計測手段と、基準画像もしくは周辺画像の所定領域毎に、第1の奥行き情報と第2の奥行き情報のいずれか一方を選択する選択手段と、第1の奥行き情報と第2の奥行き情報を、選択信号に応じて合成して基準画像の取得位置における奥行き情報として出力する合成手段とを有することを特徴とする奥行き情報計測装置に存する。

【 0 0 1 9 】

また、本発明の別の要旨は、本発明の奥行き情報計測装置を含む複合現実感提

示システムに存する。

【0020】

また、本発明の別の要旨は、コンピュータ装置が実行可能なプログラムを格納する記憶媒体であって、前記プログラムを実行したコンピュータ装置を、本発明の奥行き情報計測装置として機能させることを特徴とする記憶媒体に存する。

【0021】

【発明の実施の形態】

以下、本発明をその好適な実施形態に基づき更に詳細に説明する。

（第1の実施形態）

図1は、本発明の実施形態に係る奥行き情報計測装置の構成例を示すブロック図である。本実施形態において、奥行き情報は奥行き画像であり、多眼ステレオ法を用いる場合の構成例を示す。

【0022】

図において、奥行き情報計測装置は、基準カメラ11及び周辺カメラ12からなるステレオカメラと、動き検出部20と、高速ステレオ処理部30と、高精度ステレオ処理部40及び画像合成部50とからなる。基準カメラ11で撮影された基準画像は、動き検出部20、高速ステレオ処理部30及び高精細ステレオ処理部40にそれぞれ入力される。一方、周辺カメラ12で撮影された周辺画像は、高速ステレオ処理部30及び高精細ステレオ処理部40に入力される。ここで、図を簡単にするためにステレオカメラは2台のカメラで構成されているように示しているが、後述する高速ステレオ処理部30及び高精度ステレオ処理部40における処理精度を向上させるため、実際には3台以上のカメラを用いることが好ましい。特に、5台、9台、13台・・・のように、1台の基準カメラを中央に配置した正方形領域に、複数台の周辺カメラを規則的に配置した所謂カメラマトリックスを用いることが好ましい。3台目以降のカメラについても、周辺カメラ12と同様に、高速ステレオ処理部30及び高精度ステレオ処理部40にそれぞれ入力されるように構成すればよい。

【0023】

高速ステレオ処理部30と高精度ステレオ処理部40は、それぞれ単独でステ

レオカメラで撮影した画像データから奥行き情報を計測し奥行き画像を生成する機能を有するが、高速ステレオ処理部 30 は高精度ステレオ処理部 40 と比較して精度が低いが高速に奥行き画像を生成する。逆に、高精度ステレオ処理部 40 は高速ステレオ処理部 30 よりも精度の高い奥行き画像を生成可能であるが、生成に必要とする時間が長い。

【0024】

ここで、上述の実時間処理に近い高速処理を実現するためには、少なくとも高速ステレオ処理部 30 はビデオフレームレート（30 フレーム/秒又は 60 フレーム/秒）における 1 フレームの処理時間以下の時間で奥行き画像を出力可能であることが好ましい。すなわち、高速ステレオ処理部 30 は 1 画面分の画像データを処理して奥行き画像を生成する処理が 33 ミリ秒もしくは 17 ミリ秒以内で可能な能力を有することが好ましい。このような高速ステレオ処理部 30 は、例えば金出武雄、木村茂：「ビデオレート・ステレオマシン」、日本ロボット学会誌解説、vol.13, No.3, pp. 322-326, 1995や、後述する高精度ステレオ処理の例を開示する K. Satoh and Y. Ohta, "Occlusion detectable stereo using a camera matrix", Proc. 2nd Asian Conf. on Computer Vision, pp 11-331-335, 1995等の論文に開示に基づき構成することができる。

【0025】

このような高速ステレオ処理部 40 における具体的な処理としては、（1）対応候補点の相違度（又は類似度）演算、（2）類似度による視差推定、（3）推定された視差の画像化という流れになる。以下、各処理について説明する。

【0026】

例えば、図 2 に示されたように、互いに光軸が平行で、全レンズ中心を通る平面と光軸が直交するように等間隔で配置された N 台（本図では $N=9$ ）のカメラマトリクスによって撮影された、中心画像（基準画像） $I^{0,0}$ と $N-1$ 枚の周辺画像 $I^{k,1}$ （図 2 では $-1 \leq k, 1 \leq 1$ ）によって構成される $N-1$ 組のステレオ画像対から、中心画像 $I^{0,0}$ 上の画素 $I^{0,0}(x,y)$ における視差推定は次の手順で行なうことができる。

【0027】

(1) 相違度の算出

まず画素 $I^{0,0}(x, y)$ と、視差を d と仮定したときの各種右辺画像上の対応点 $I^{k,1}(x - k d, y - l d)$ との相違度 $e^{k,1}(x, y, d)$ を求める。相違度は、2 画素間（または、各画素を中心とした小ブロック間）の RGB 空間におけるユークリッド距離を用いる。

【0 0 2 8】

(2) 推定視差の算出

各ステレオ画像対で得られた相違度 $e^{k,1}(x, y, d)$ の総和

【0 0 2 9】

【数 1】

$$e(x, y, d) = \sum_{k,l} e^{k,l}(x, y, d) \quad (1)$$

を視差 d のペナルティ値として定義し、これを最小とする d を $I^{0,0}(x, y)$ における推定視差 d' とする。

【0 0 3 0】

(3) 推定された視差の画像化

各画素に対して求めた推定視差 d' の値を、対応する画素の画素値として与えることで、視差画像、即ち奥行き画像を生成する。

一方、高精度ステレオ処理部 4 0 は、高速ステレオ処理部 3 0 よりも処理速度は遅くても、得られる奥行き画像の精度が高くてはならない。具体的には高速ステレオ処理部 3 0 では考慮していない条件、例えば隠れの影響を考慮して奥行き画像生成を行なうことにより、高速度ステレオ処理部 3 0 で生成する奥行き画像よりも高精度な奥行き画像を生成することができる。

【0 0 3 1】

最も単純な隠れの検出方法は、対となるステレオ画像の一方には存在するが、一方には存在しない部分を探索することである。また、ステレオ画像を取得するためのカメラの台数を増加させることによって隠れ検出の精度を向上させることが可能である。このような多眼ステレオ法において、隠れの影響を考慮した奥行

き画像を生成する方法としては、例えば上述のK. Satoh and Y. Ohta, "Occlusion detectable stereo using a camera matrix", Proc. 2nd Asian Conf. on Computer Vision, pp 11-331-335, 1995等の論文に開示されている。

【0032】

具体的には、高速ステレオ法における隠れの影響を以下のような原理に基づいて補正した推定視差を算出する。

隠れは、カメラマトリクスの中心に位置するカメラで撮影した中心画像上では観測できる点が、その点よりも手前に位置する物体によって隠され、他のカメラで撮影した1つ以上の画像（周辺画像）上では観測できないという現象である。

【0033】

ステレオ画像対において対応する画素間の実際の視差 d に対して、隠れが発生している部分においては、前述した高速ステレオ処理における対応点 $I^{k, l}(x - kd, y - ld)$ は隠れの原因となる物体の像であり、相違度 $e^{k, l}(x, y, d)$ は小さくならない。この結果、式(1)に示した視差 d のペナルティ値 $e(x, y, d)$ も大きくなり、ペナルティ値を最小にする値として実際の視差 d とは異なる値が選ばれる可能性が高い。

【0034】

異なる値の選択を回避するには、隠れが発生している周辺画像を用いずに式(1)の計算を行なえばよい。しかしながら、相違度が大きい場合に、それが視差 d が正しくないことを意味するのか、隠れによるものかを判別することは困難である。

【0035】

周辺画像を撮影するカメラのレンズ中心と、撮影される空間の対象点とを結ぶ直線上に他の物体が存在する場合、このカメラで撮影した周辺画像には隠れが含まれることになる。従って、隠れを含んだ周辺画像の組み合わせは、隠れの原因となる物体の輪郭をカメラマトリクスの格子点で標本化したものと考えることができる。

【0036】

隠れの原因となる物体の輪郭が局所的には直線であると仮定すれば、隠れを有

する周辺画像の組み合わせを 8 通りに限定し、偽の視差と隠れが発生している正しい視差を以下のようにして区別することが可能となる。

【0 0 3 7】

隠れを含んだ周辺画像の組み合わせを表現したタイプ 0～8 のマスク（隠れマスク） $M_0 \sim M_8$ を図 3 のように用意する。黒い部分が隠れを有する周辺画像とし、その値を 0、白い部分が隠れのない画像とし、その値を 1 とそれぞれ表す。また、 M_0 は全ての画像において隠れがない場合である。

【0 0 3 8】

前述のように、隠れが含まれる周辺画像は用いないとすると、隠れマスク M_t で表されるような状態が生じていると仮定したときの視差 d に対するペナルティを

【0 0 3 9】

【数 2】

$$e_t(x, y, d) = \frac{w_t}{n_t} \sum_{u, (k,l)=1} e^{k,l}_t(x, y, d) \quad (2)$$

と再定義する。

【0 0 4 0】

ここで、 n_t は各マスク M_t の周辺画像における 1 の数である。 w_t は隠れが含まれない場合に $t = 0$ が選択されやすくなるような重みで、 $w_0 = 1$ 、それ以外のときは 1 よりもわずかに大きな値に設定する。このとき、 $e_t(x, y, d)$ は実際の視差 d を仮定し、実際に隠れが含まれる周辺画像の組み合わせに対応する隠れマスクを用いて評価した場合に最小となる。

【0 0 4 1】

そして、高速ステレオ処理において記載したペナルティ e の評価式 (1) を、

【数 3】

$$e(x, y, d) = \min_t e_t(x, y, d) \quad (3)$$

と再定義し、これを最小とする視差 d を隠れを考慮した $I^{0,0}(x, y)$ における推定視差 d' とする。そして、この推定視差 d' を画像化することにより

、隠れを考慮した奥行き画像（視差画像）が生成される。

【0042】

高精度ステレオ処理部40が1つの奥行き画像を生成するのに許される時間は、奥行き画像の用途及び高速ステレオ処理部30で得られる奥行き画像精度、処理時間等の条件に応じて適宜決定する。逆に、これらの条件を満たす範囲内で最も精度良く奥行き画像を生成することの可能な処理を高精度ステレオ処理部40で行なうように決定することもできる。

【0043】

本実施形態の奥行き情報計測装置は、高速ステレオ処理部30で生成した奥行き画像データと、高精度ステレオ処理部40で生成した奥行き画像データを、画像データの特性に応じて切り替えて合成し、1画面分の奥行き画像を生成することを特徴とする。

【0044】

本実施形態においては、動き検出部20において基準カメラ11が取得した基準画像の動きを検出し、画像合成部50は動き検出部20の検出結果を基に、動きのある部分には高速ステレオ処理部30の出力する奥行き画像データを、動きの無い部分については高精度ステレオ処理部40の生成する奥行き画像データを選択して合成を行ない、1画面分の奥行き画像を生成する。

【0045】

すなわち、画像データ中、現実空間中の静止物体など、距離情報の変化の周期が高精度ステレオ処理部40で1画面分の奥行き画像生成に必要な時間（単位処理時間）に対して十分長い部分については高精度ステレオ処理部40の生成する奥行き画像データを、移動物体など距離情報の変化の周期が高精度ステレオ処理部40の単位処理時間よりも短い部分については高速ステレオ処理部30の生成する奥行き画像データを選択することにより、精度と処理速度をバランスよく両立した奥行き画像を得ることができる。

【0046】

この場合、高精度ステレオ処理部40の生成した奥行き画像データは、高速ステレオ処理部30で生成した複数の奥行き画像データに対して共通に使用される

ことになる。しかし、上述したように高精度ステレオ処理部 4 0 の生成した奥行き画像を用いるのは、静止部分のような距離情報の変化が十分長い周期の部分であるから、実使用上の問題が生じる可能性は非常に小さい。

【0 0 4 7】

動き検出部 2 0 としては、M P E G エンコーダ等、動画の圧縮符号化を行なう回路を用いて実現することができる。動き検出部 2 0 の出力する動き情報としては、最低限動きのあった領域が認識できればよいが、動きの量、方向等の情報を含んでいても良い。

【0 0 4 8】

画像合成部 5 0 は、動き検出部 2 0 からの動き情報によって高速ステレオ処理部 3 0 の出力か高精度ステレオ処理部 4 0 の出力かを 1 データ毎、即ち画像データの 1 画素毎に選択するセレクタである。選択の判断基準は動きが検出されたかされなかったかという最も単純な場合から、所定の移動量以下であれば高精度ステレオ処理部 4 0 の出力、所定の以上量を超える場合には高速ステレオ処理部 3 0 の出力としても良い。

【0 0 4 9】

図 4 は、動作開始時における各部出力のタイミングを示した図である。ステレオカメラのフレームレートの逆数（すなわち、1 フレーム分の画像取得時間）を t とし、 $t_0 \sim t_6$ は t 間隔であるとする。説明を簡単にするため、高速ステレオ処理部 3 0 が 1 画面分の処理を行なうのに必要な時間が t 、高精度ステレオ処理部 4 0 の処理時間が $3t$ 、画像合成部 5 0 が高速ステレオ処理部 3 0 の出力と高精度ステレオ処理部 4 0 の出力とを合成して出力するのに時間 t 必要であるとする。また、図示しないが、動き検出部 2 0 は t に対して十分短い時間で動き情報を検出し、画像合成部 5 0 に供給可能であるものとする。

【0 0 5 0】

まず、時刻 t_0 において、ステレオカメラが画像 I_0 を取得する。この画像 I_0 は動き検出部 2 0、高速ステレオ処理部 3 0 及び高精度ステレオ処理部 4 0 に入力され、処理が開始される。

【0 0 5 1】

高速ステレオ処理部 3 0 の処理は t 時間後の時刻 t_1 に終了し、画像データ I_0 に対応する奥行き画像 S_0 が画像合成部 5 0 へ出力される。この時点では高精度ステレオ処理部 4 0 の処理は終了していないため、画像合成部 5 0 は高速ステレオ処理部 3 0 の出力 S_0 をそのまま出力し、時刻 t_2 に出力を完了する。

【0 0 5 2】

そして、時刻 t_1 で取得した画像データ I_1 に対する高速ステレオ処理部 3 0 の出力 S_1 が画像合成部 5 0 に供給される。時刻 t_2 においても高精度ステレオ処理部 4 0 の処理は終了していないため、画像合成部 5 0 は再び高速ステレオ処理部 3 0 の出力 S_1 をそのまま出力する。

【0 0 5 3】

時刻 t_3 になると、高精度ステレオ処理部 4 0 の処理が終了し、取得画像データ I_0 に対応する高精度の奥行き画像 H_0 が出力される。一方、同時刻 t_3 において、高速ステレオ処理部 3 0 では時刻 t_2 で取得した画像データ I_2 に対応する奥行き画像 S_2 が出力される。

【0 0 5 4】

画像合成部 5 0 は、動き検出部 2 0 が時刻 t_3 及び t_2 における画像データ I_3 及び I_2 に基づいて求めた動き情報に基づき、動きが所定値以下の部分については高精度ステレオ処理部 4 0 の出力した奥行き画像 H_0 を、それ以外の部分については高速ステレオ処理部 3 0 の出力した奥行き画像 S_2 を選択して出力する。

【0 0 5 5】

時刻 $t_4 \sim t_6$ においては、高精度ステレオ処理部 4 0 の出力 H_0 と、高速ステレオ処理部 3 0 の出力 $S_2 \sim S_4$ とを用いて、画像合成部 5 0 が最終的な奥行き画像を出力する。時刻 t_6 で高精度ステレオ処理部 4 0 の次の出力である奥行き画像 H_3 が得られるので、図示しない時刻 $t_7 \sim t_9$ においてはこの奥行き画像 H_3 と高速ステレオ処理部 3 0 の出力する奥行き画像 $S_5 \sim S_7$ を用いて最終的な奥行き画像 $H_3 + S_5$ 、 $H_3 + S_6$ 及び $H_3 + S_7$ が得られる。以後同様に処理を行なう。

【0 0 5 6】

また、本実施形態において、動き情報を高速ステレオ処理部 3 0 に供給し、動きがほぼ無く、高精度ステレオ処理部 4 0 の出力を利用できると思われる領域については高速ステレオ処理部 3 0 の処理を省くことも可能である。ただし、この場合には、動き検出部 2 0 の処理速度が高速ステレオ処理部 3 0 の処理速度に比べて十分早くないと大きな効果は期待できない。

【0 0 5 7】

(第 2 の実施形態)

第 1 の実施形態においては、動き検出部 2 0 による動き情報によって高速ステレオ処理部 3 0 の出力と高精度ステレオ処理部 4 0 の出力を選択するように構成した場合について説明したが、動き情報以外にも選択条件を用いることができることはいうまでもない。

【0 0 5 8】

本実施形態は、高速ステレオ処理部 3 0 の出力と高精度ステレオ処理部 4 0 の出力を選択する条件として、奥行き情報の信頼度を用いることを特徴とする。

【0 0 5 9】

図 5 は、本実施形態に係る奥行き情報計測装置の構成例を示す図である。図 1 に示した第 1 の実施形態に係る装置の構成とは、動き検出部 2 0 が無く、動き情報の代わりに高速ステレオ処理部 3 0' から出力される奥行き情報の信頼度を用いる点のみが異なる。本実施形態において、 $I^{0,0}(x,y)$ における推定視差 $S(x,y)$ の信頼度とは、例えば、その導出の際のペナルティ値 $e(x,y,S(x,y))$ （あるいは定数からのペナルティ値の差分値）によって定義される。高速ステレオ処理部 3 0' は、奥行き画像 S 以外に、各画素毎に推定視差の信頼度を画素値として保存した信頼度画像を出力する。

【0 0 6 0】

そして、高速ステレオ処理部 3 0' において所定の領域毎に奥行き画像データの信頼度を算出し、信頼度の低い領域については高精度ステレオ処理部 4 0 の出力を、信頼度の高い領域については高速ステレオ処理部 3 0' の出力を画像合成部 5 0' で選択する。

【0 0 6 1】

(第 3 の実施形態)

図 6 は、本発明の第 3 の実施形態に係る奥行き情報計測装置の構成を示すブロック図である。本実施形態は、高速ステレオ処理部 3 0' の出力と高精度ステレオ処理部 4 0 の出力を選択する条件として、動き情報と奥行き情報の信頼度の両方を用いることを特徴とする。

【0 0 6 2】

具体的な選択条件としては、例えば信頼度が所定の値より低いか、動きが処理量よりも少ない領域については高精度ステレオ処理部 4 0 の出力を、それ以外の領域は高速ステレオ処理部 3 0' の出力を画像合成部 5 0' で選択して出力するように構成すればよい。

【0 0 6 3】

(第 4 の実施形態)

第 2 の実施形態においては、高速ステレオ処理部 3 0' と高精細ステレオ処理部 4 0 は共に画像中の全領域に対して奥行き情報の計測処理を行っていたが、図 7 に示すように、高速ステレオ処理部 3 0' の出力する信頼度を奥行き情報合成の手がかりとして用いる場合には、この信頼度情報を高精細ステレオ処理部 4 0' に別途入力することで、画像合成部 5 0' において高精細ステレオ処理部 4 0' の出力した奥行き情報が選択される領域のみに奥行き情報計測処理を行なうような構成にすることも可能である。これにより、高精細ステレオ処理部 4 0' の処理量を軽減できる。同様に、一般に画像合成部 5 0 に入力される奥行き情報選択の指標となる情報を高速ステレオ処理部 3 0 あるいは／又は高精細ステレオ処理部 4 0 に入力することで、画像合成部 5 0 で選択される領域のみに奥行き情報計測処理を限定することが可能である。

【0 0 6 4】

(第 5 の実施形態)

第 1 ～第 4 の実施形態においては、高速ステレオ処理部と高精細ステレオ処理部がそれぞれ全ての処理を独立して行なう構成であったが、両者に共通する処理については別の手段を用いて一括して行なってもよい。

【0 0 6 5】

例えば、第 1 の実施形態において (1) の相違度の算出は高速ステレオ処理部 3 0 と高精細ステレオ処理部 4 0 の両方で全く同一の処理であるので、図 8 に示すように、相違度の算出を行なう相違度算出部 1 5 を別途設け、相違度算出部 1 5 の演算結果を各ステレオ処理部 3 5、4 5 に転送する構成とすることができる。

【0 0 6 6】

このような構成の場合、各ステレオ処理部 3 5 及び 4 5 は、第 1 の実施形態において相違度算出に引き続く処理 ((2) の視差算出) 以降の処理を行なう構成とすることが可能である。

【0 0 6 7】

もちろん、各ステレオ処理部 3 0 及び 4 0 の構成は第 1 の実施形態と同じ、全ての処理が行える構成にして、(2) の視差算出以降の実施のみ行なうようにしてもよい。また、第 2、第 3 の実施形態のように、奥行き画像データの信頼度や動き情報の組み合わせによる条件で画像合成部 5 0 の選択を制御しても良いことは言うまでもない。

【0 0 6 8】

【他の実施の形態】

上述の実施形態においては、奥行き情報として奥行き画像の 1 種である視差画像を生成する場合についてのみ説明したが、推定視差から算出した距離を画像化した距離画像を生成しても良いし、また推定視差の計測のみ、あるいは推定視差から算出した距離のみを計測し、画像化は他の装置を用いて行なうことも可能である。

【0 0 6 9】

また、上述の実施形態においては、ステレオ画像対を生成するステレオカメラを奥行き情報計測装置の構成として記載したが、このようなステレオカメラは本発明による奥行き情報計測装置に必須ではなく、外部から供給されるステレオ画像データを用いて、奥行き情報を計測する構成であっても本発明の効果は十分達成される。

【0 0 7 0】

また、上述の実施形態においては、高速ステレオ処理部 3 0 と高精度ステレオ処理部 4 0 における奥行き画像生成方法として上述の K. Satoh and Y. Ohta, "Occlusion detectable stereo using a camera matrix", Proc. 2nd Asian Conf. on Computer Vision, pp 11-331-335, 1995 に開示されている方法を示したが、例えば K. Satoh and Y. Ohta, "Occlusion Detectable Stereo —Systematic Comparison of Detection Algorithms—," Proc. International Conference on Pattern Recognition, pp280-286, 1996 に開示されているような、各ステレオ画像対の評価値 $e^{k,l}(x,y,d)$ をソートし小さいほうから数組の和をペナルティ値とする方法等、他の方法を用いてもよい。

【 0 0 7 1 】

また、上記の実施形態においては、ステレオカメラとして、図 2 に示されたように、互いに光軸が平行で、全レンズ中心を通る平面と光軸が直交するように等間隔で配置された N 台のカメラマトリクスを用いているが、カメラ配置は必ずしもこの関係を保つ必要はなく、ステレオ画像対が得られれば、任意の台数、任意の配置を用いることができる。

【 0 0 7 2 】

加えて、高精細ステレオ処理部 4 0 の奥行き画像生成方法として、隠れ以外の要因を考慮したいずれの高精細ステレオ法を用いても良い。

【 0 0 7 3 】

例えば、前述の高速ステレオ処理部 3 0 の奥行き画像生成方法では、入力画像上のテクスチャ性の低い領域（模様のない領域）については正確な奥行き情報を計測することが困難である。したがって、ステレオ画像対に含まれるテクスチャ性の低い領域の検出部を付加し、検出された領域についてはテクスチャ性の低い領域でも正確に奥行き情報を計測することのできる他の高精度ステレオ処理部の出力を選択するように構成すればよい。

【 0 0 7 4 】

このようなテクスチャ性の低い領域に適したステレオ処理方法としては、例えば大田友一、金出武雄“走査線間の整合性を考慮した 2 段の動的計画法によるステレオ対応探索”、情報処理、No.26, Vol.11, pp1356-1368, 1985 に開示されて

いる手法を用いることができる。

【0075】

そして、基準画像の空間的な濃淡分布の度合いに応じて、テクスチャ性の高い領域については高精度ステレオ処理部40の出力を、テクスチャ性の低い領域については高速ステレオ処理部30の出力を画像合成部50で選択するように構成すれば、さらに精度の高い測定結果（奥行き情報）が得られる。

【0076】

また、3種類以上のステレオ処理部を設け、さらにきめ細かい選択条件によって最適なステレオ処理部の出力を選択するように構成することも可能である。

【0077】

たとえば、上述の実施形態にテクスチャ性の低い領域に適した別の高精度ステレオ処理部と、基準画像の空間的な濃度分布の測定処理部を組み合わせ、濃度変化が十分ある領域の高精度な奥行き情報としては通常の高精度ステレオ処理部の出力を、濃度変化の少ない領域の高精度な奥行き情報としては別の高精度ステレオ処理部の出力を用いる構成などが考えられる。

【0078】

さらに、上述の実施形態においては、各ステレオ処理部が1画面全体の処理を必ず行なう構成となっていたが、各ステレオ処理部が処理する画像中の領域を予め制限しておくこともできる。

【0079】

さらに、本発明の奥行き情報計測装置で得られた奥行き情報は、複合現実感提示装置以外にも、例えばロボットの制御や車両の自動運転制御など、実時間での奥行き計測を必要とするいずれの用途にも用いることができることはもちろんである。

【0080】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、高速に奥行き情報を計測可能な高速処理部と、高速処理部よりも演算時間は長いが精度の高い結果が得られる高精度処理部とを用い、取得した画像の状態、例えば動きの大きさによって適切な出力結

果を選択して合成出力することにより、処理速度と精度とがバランス良く両立した奥行き情報を得ることが可能であるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施形態に係る奥行き情報計測装置の構成例を示すブロック図である

【図 2】

ステレオカメラの構成例を示す斜視図である。

【図 3】

隠れマスクの例を示す図である。

【図 4】

図 1 の構成における各部の出力タイミングを説明する図である。

【図 5】

本発明の第 2 の実施形態に係る奥行き情報計測装置の構成例を示すブロック図である。

【図 6】

本発明の第 3 の実施形態に係る奥行き情報計測装置の構成例を示すブロック図である。

【図 7】

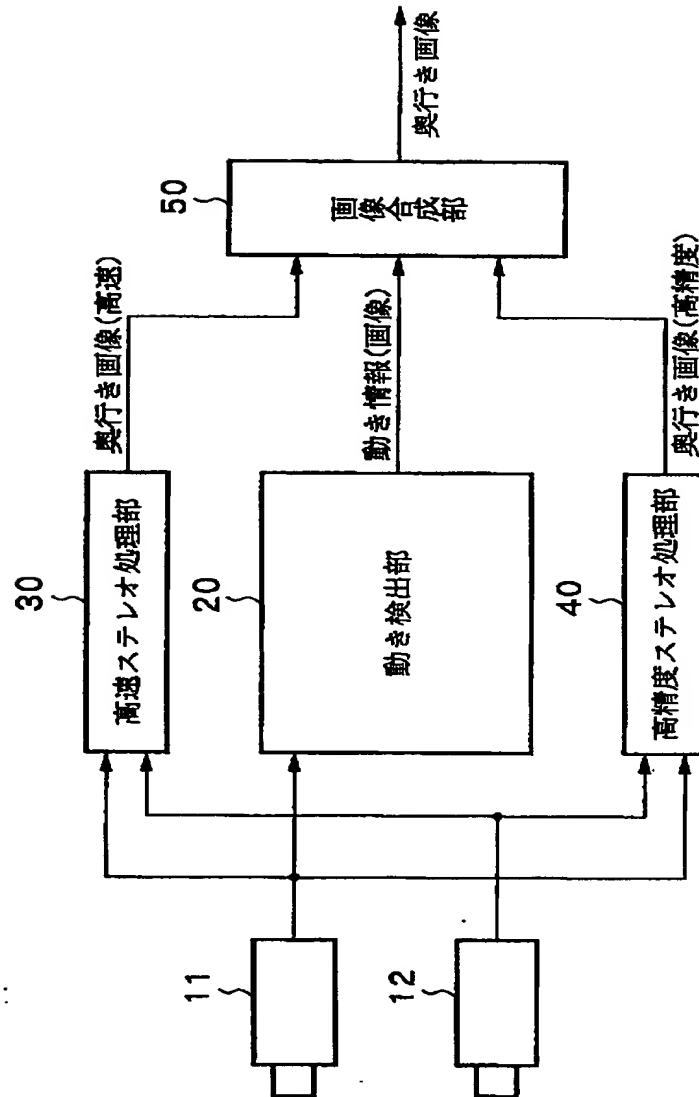
本発明の第 4 の実施形態に係る奥行き情報計測装置の構成例を示すブロック図である。

【図 8】

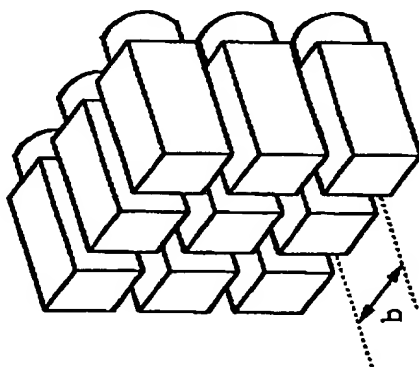
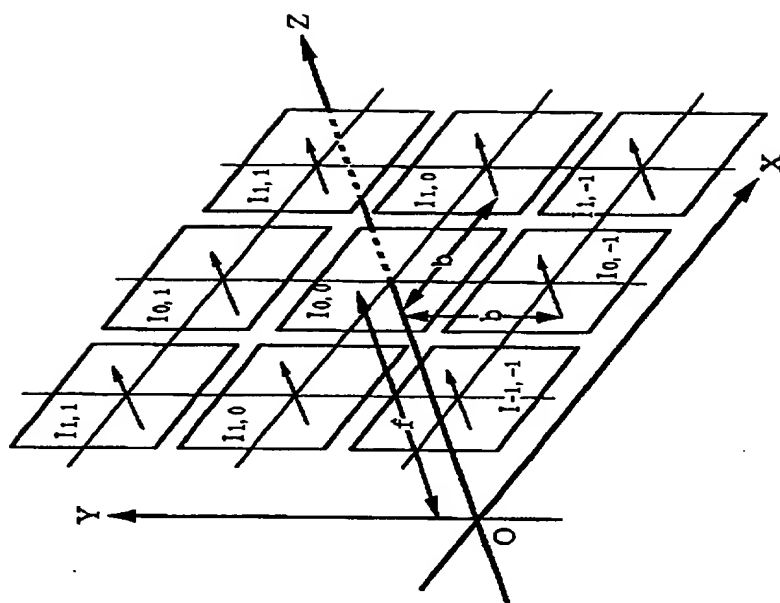
本発明の第 5 の実施形態に係る奥行き情報計測装置の構成例を示すブロック図である。

【書類名】 図面

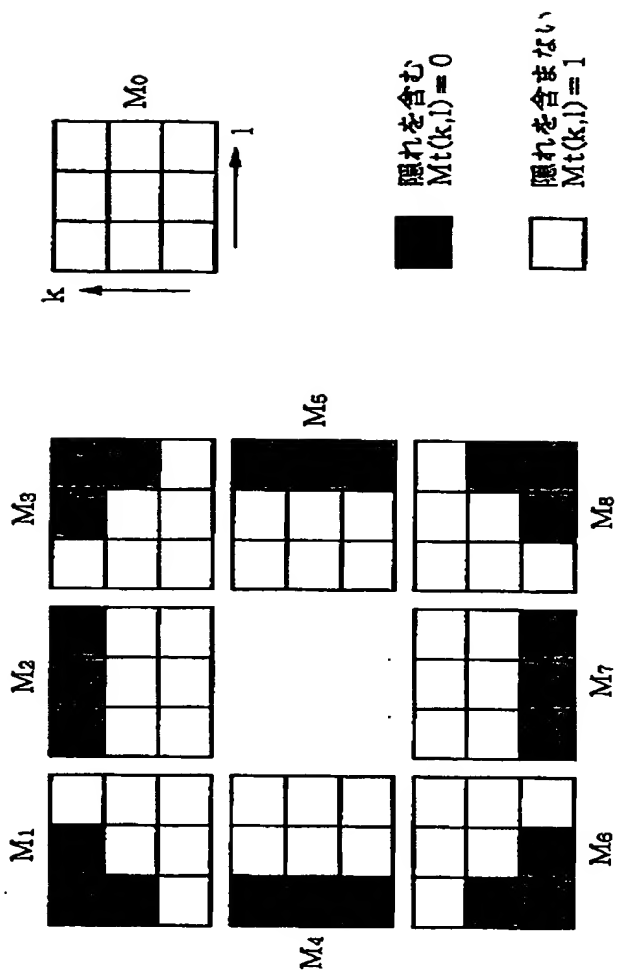
【図 1】



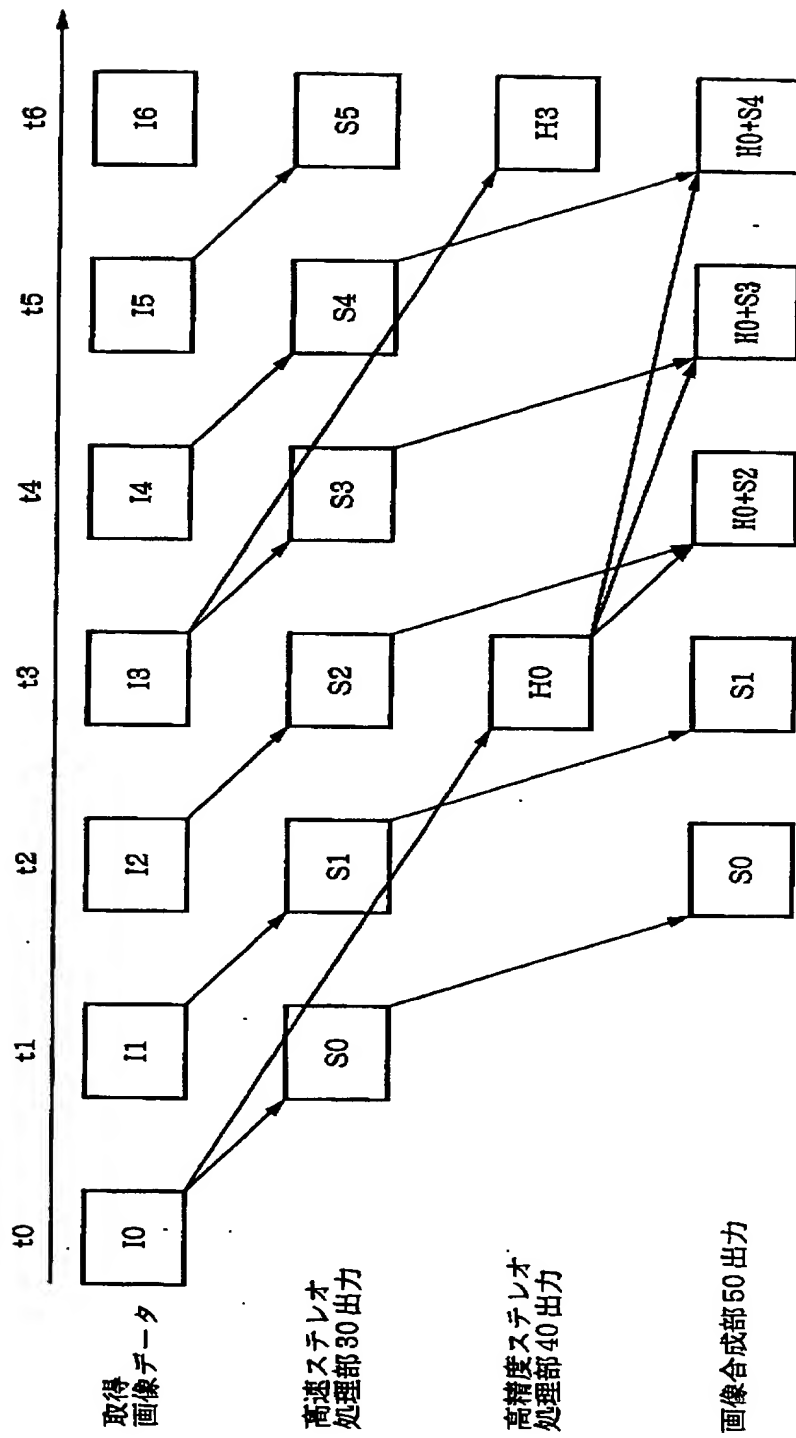
【図 2】



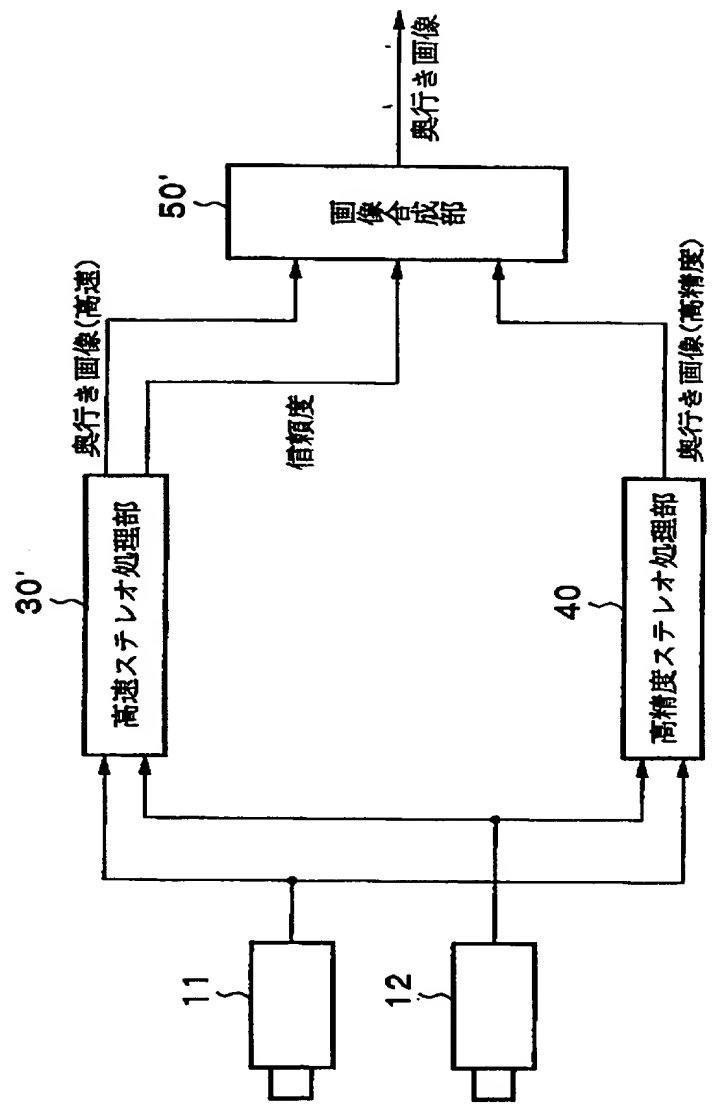
【図 3】



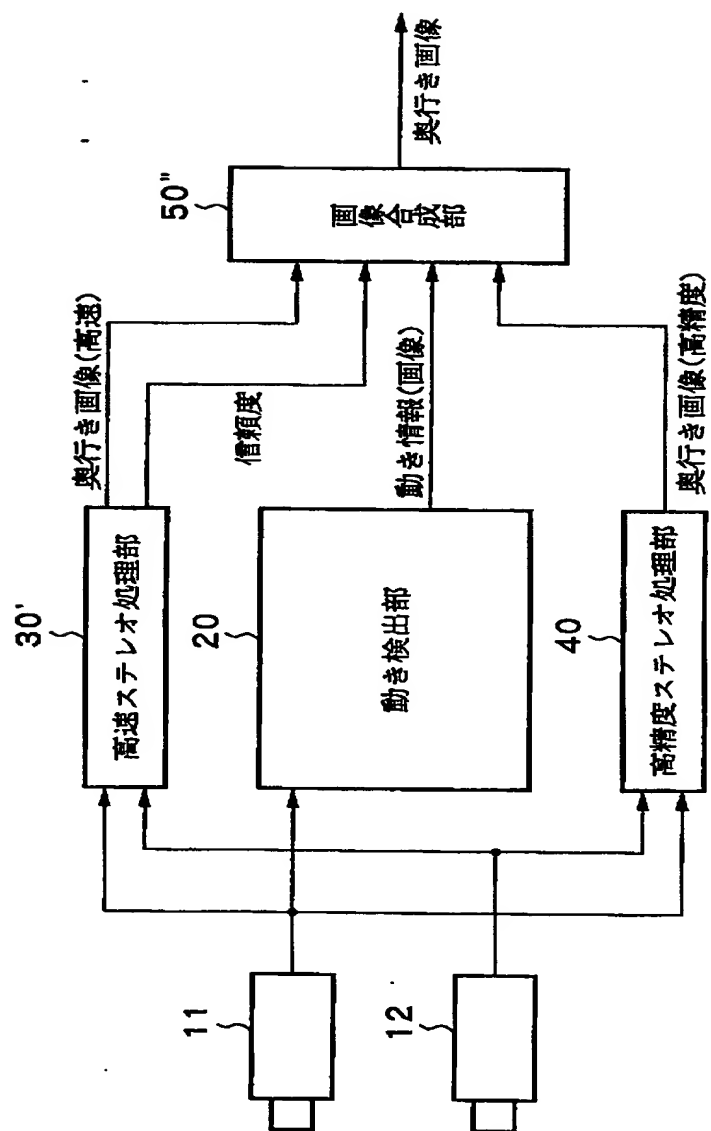
【図 4】



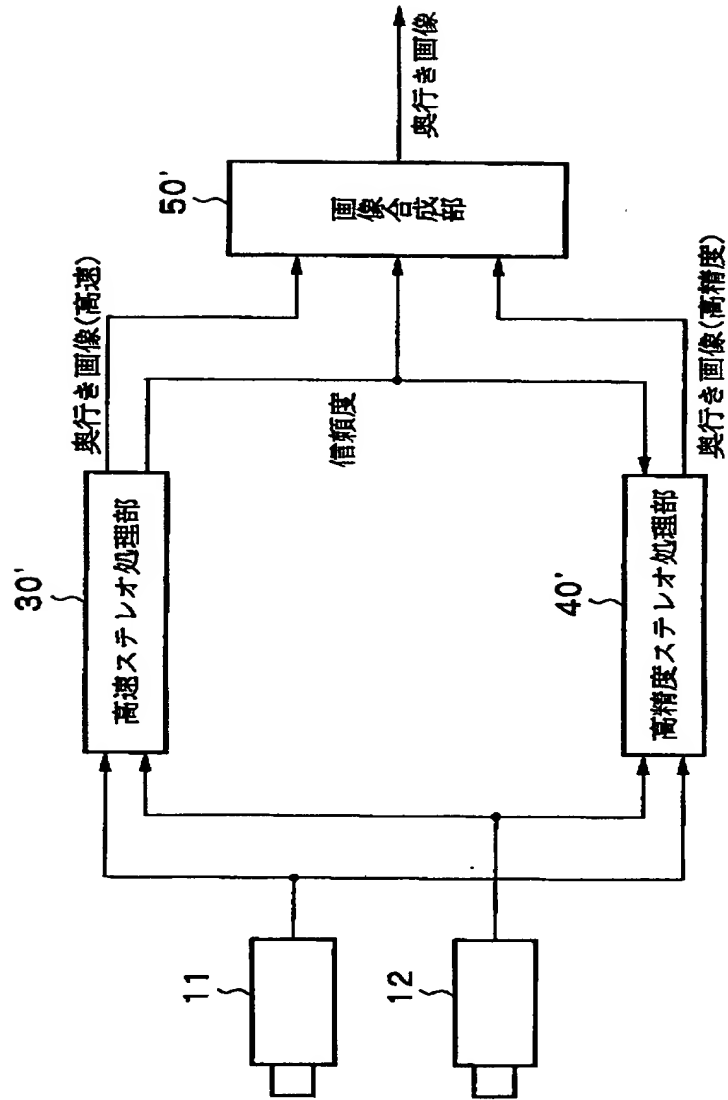
【図 5】



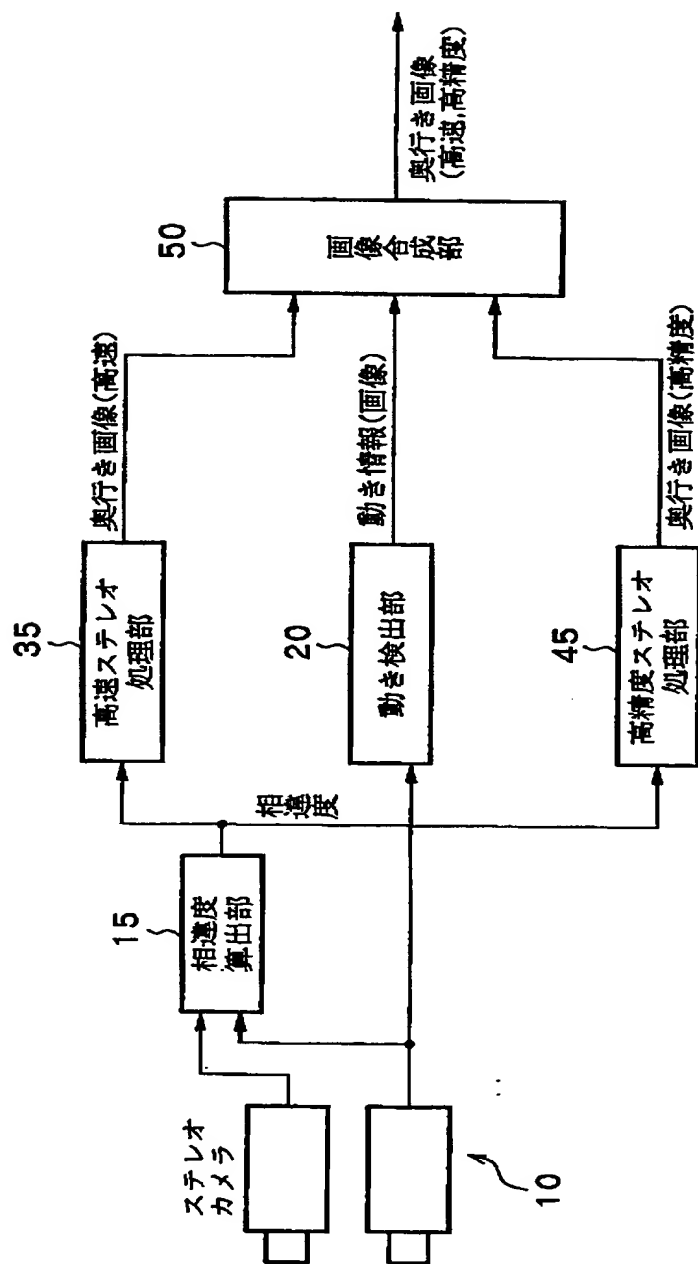
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高速な演算時間で高精度な奥行き情報の取得が可能な奥行き情報生成装置を提供すること。

【解決手段】 基準画像と、この基準画像とステレオ画像対を形成する少なくとも1つの周辺画像とから、基準画像の取得位置における奥行き情報を生成する奥行き情報生成装置であって、基準画像と周辺画像から、高速に奥行き情報を生成する高速ステレオ処理部 3 0 と、基準画像と周辺画像から、高精度に奥行き情報を生成する高精度ステレオ処理部 4 0 とを設け、画像中の動きを動き検出部 2 0 で検出して、動きの大きい部分は高速ステレオ処理部 3 0 の出力を、その他の部分は高精度ステレオ処理部 4 0 の出力を選択するよう画像合成部 5 0 に指示する。画像合成部 5 0 は、動き検出部 2 0 の指示に従い、高速ステレオ処理部 3 0 の出力と高精度ステレオ処理部 4 0 の出力を合成して最終的な奥行き情報である奥行き画像を出力する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [397024225]

1. 変更年月日 1997年 5月 7日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県横浜市西区花咲町6丁目145番地

氏 名 株式会社エム・アール・システム研究所